Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science
Région des Maritimes
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2012/042

# EXAMEN DES PRÉVISIONS DU MODÈLE DEPOMOD PAR RAPPORT AUX OBSERVATIONS EN MATIÈRE DE CONCENTRATIONS DE SULFURES AUTOUR DE CINQ SITES DE SALMONICULTURE DANS LE SUD-OUEST DU NOUVEAU-BRUNSWICK

*Photo aérienne d'un site d'élevage de saumons du sud-ouest du Nouveau-Brunswick (gracieuseté de J.A. Cooper, MPO, Station biologique de St. Andrews)*

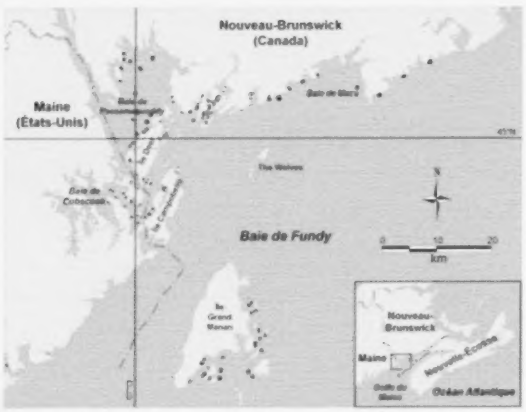


*Figure 1. Carte illustrant les exploitations de poissons du sud-ouest du Nouveau-Brunswick qui ont été approuvées en 2010.*

## Contexte

*Le risque de répercussions sur le fond marin de l'enrichissement organique associé à la pisciculture en milieu marin a grandement été étudié, et le lien entre l'enrichissement carboné, les niveaux de sulfures et la biodiversité des organismes benthiques de l'endofaune est généralement compris. Les mesures des concentrations totales de sulfures « libres » dans les sédiments à la surface indiquent les changements de la biodiversité des organismes benthiques.*

*Le flux de matières organiques à de faibles niveaux peut avoir aussi bien un effet positif que négatif sur la biodiversité de l'habitat des poissons, selon le type d'habitat et les espèces résidantes. Toutefois, à des taux élevés, il est généralement admis que le flux de matières organiques sur le fond marin est susceptible d'entraîner une détérioration de l'habitat des poissons, une réduction de la biodiversité, de même que des changements à la composition des espèces benthiques.*

*Les modèles prédisant les répercussions potentielles sur les zones benthiques peuvent être utilisés pendant l'étape d'évaluation d'un site d'exploitation aquacole. Le modèle le plus utilisé des processus menant au dépôt de déchets sous forme de particules par la pisciculture en milieu marin est le modèle DEPOMOD (Cromey et al. 2002; Chamberlain et al. 2005).*

*Le présent avis scientifique découle des réunions tenues les 15 et 16 février 2012 pour examiner le document Concentrations de sulfures autour de certains sites aquacoles dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick : Examen des prédictions du modèle DEPOMOD par rapport aux observations. Dans le cadre des réunions, on a examiné l'efficacité des résultats issus du modèle DEPOMOD, de même qu'une méthode de modélisation plus simple aux fins de prévision des répercussions benthiques dans la région*

*du sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Toute autre publication découlant de ces réunions sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences du MPO à l'adresse suivante : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm.*

## SOMMAIRE


- On présente un avis scientifique sur l'efficacité d'un modèle commercial (DEPOMOD) aux fins de prévision de l'ampleur et de l'étendue des répercussions de l'enrichissement organique du fond marin liées aux sites aquacoles de poissons marins de la région des Maritimes. L'exactitude du modèle a été évaluée selon des comparaisons des taux de dépôt de carbone prévus dans cinq sites aquacoles de poissons marins actifs du sud-ouest du Nouveau-Brunswick en mesurant les concentrations totales de sulfures « libres » relevées à ces sites. Les niveaux de sulfures permettent d'indiquer les répercussions sur les communautés benthiques de la surveillance de l'aquaculture dans la région des Maritimes.

- Dans les cinq sites du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, les prévisions du modèle DEPOMOD en matière d'étendue totale de la zone touchée par le dépôt de déchets sous forme de particules n'ont présenté aucun lien solide avec les zones touchées qui ont été mesurées.

- Les comparaisons du taux maximal de dépôt de carbone organique à chaque site prévu par le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) n'ont démontré aucun lien solide avec les concentrations maximales mesurées de sulfures.

- Les comparaisons des concentrations mesurées de sulfure ont révélé une corrélation positive avec les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) aux mêmes endroits, mais avec des variations plus importantes; qui plus est, la variation des concentrations de sulfures observées affichait une augmentation selon le niveau de dépôt de carbone prévu.

- Pour les sites aquacoles où l'alimentation avait été relativement constante au cours des derniers mois, les concentrations de sulfures observées étaient dans les mêmes catégories (< 3 000 µM) à 85 % des lieux d'échantillonnage où le modèle DEPOMOD avait prévu un faible degré de répercussions (< 5 g C $m^{-1}$ $d^{-1}$; ce qui équivaut au passage de l'état oxique A à hypoxique A).

- Aux lieux d'échantillonnage où le modèle DEPOMOD avait prévu un degré élevé de répercussions (> 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$; ce qui équivaut au passage de l'état hypoxique B à l'état anoxique), les concentrations observées de sulfures étaient uniquement dans les mêmes catégoriques (> 3 000 µM) à 63 % des lieux d'échantillonnage. L'exactitude du modèle quant à la prévision de l'ampleur des répercussions a varié selon les sites.

- Un modèle simple de prévision du dépôt de déchets a été mis à l'essai dans les cinq sites. Ce modèle nécessitait beaucoup moins de données d'entrée comparativement au modèle DEPOMOD. Le modèle simple n'offrait aucune estimation de l'intensité des répercussions, mais il insistait sur la prévision de l'étendue spatiale de ces dernières selon les vitesses médianes du courant et les profondeurs moyennes de l'eau aux sites. Les comparaisons entre les sites de l'étendue spatiale des répercussions élevées sur le fond marin prévues par le modèle DEPOMOD et le modèle simple ont affiché une harmonie relativement bonne.

# INTRODUCTION

L'enrichissement organique des sédiments du fond marin et les répercussions connexes sur les organismes vivant sur et dans les sédiments représentent l'une des principales préoccupations environnementales liées à la pisciculture. Les contrôles environnementaux annuels des exploitations de poisson dans la région des Maritimes ont insisté sur le repérage de l'ampleur et de l'étendue géographique de ces incidences potentielles (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick (MENVNB) 2006; ministère des Pêches et de l'Aquaculture de la Nouvelle-Écosse (Pêches et Aquaculture) 2011). La prévision relative à l'enrichissement organique éventuel du fond marin est une composante de la phase d'évaluation des nouvelles propositions liées aux exploitations de la région des Maritimes. Ces évaluations sont fondées, en partie, sur les avis d'experts scientifiques qui comprennent cette question. Les outils de modélisation, notamment le modèle DEPOMOD, offrent aux scientifiques et aux organismes de réglementation d'autres moyens d'effectuer des évaluations quantitatives des sites, mais ils nécessitent une mise à l'essai exhaustive pour garantir qu'ils offrent des prévisions exactes dans des conditions environnementales propres à la région des Maritimes.

La Division de la gestion de l'habitat de Pêches et Océans Canada (MPO) a manifesté un intérêt pour l'utilisation du modèle DEPOMOD aux fins de prévision des dépôts organiques dans certaines exploitations proposées du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, et cette même division a demandé au secteur des Sciences du MPO d'évaluer l'efficacité de ce modèle dans le cadre de la prévision de l'ampleur (intensité) et de l'étendue (zone géographique) des répercussions benthiques.

Le modèle DEPOMOD est un modèle commercial qui a été élaboré en Écosse pour prévoir les dépôts organiques sous les sites aquacoles de poissons (Cromey et al. 2002), et il a été utilisé au Canada pour évaluer les incidences éventuelles liées à la salmoniculture en Colombie-Britannique (Chamberlain et al. 2005; Chamberlain et Stucchi, 2007), dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick (MPO 2009; Page et al. 2009) et dans la baie St. Mary's, en Nouvelle-Écosse (MPO 2011). Le modèle DEPOMOD sert à prévoir les taux de dépôt de carbone organique issus du gaspillage d'aliments et de la production de fèces de poissons. Bien que la relation entre le flux de carbone et le niveau total de sulfures (libres) dissous dans les sédiments marins soit complexe et influencée par un éventail de facteurs, des recherches antérieures menées à la fois par le MPO et à l'échelle internationale démontrent qu'une relation existe entre ces paramètres (Hargrave et al. 2008 et les études auxquelles ils font référence; Hargrave 2010). La région des Maritimes fait usage des mesures du total de sulfures pour indiquer le degré des répercussions de l'enrichissement organique sur les communautés sédimentaires. Par conséquent, les prévisions axées sur le modèle quant à l'ampleur et à l'étendue du dépôt de carbone sous les cages à poisson et des mesures du total de sulfures « libres » dans les sédiments sous les mêmes cages devraient afficher des résultats comparables.

On présente un avis scientifique sur l'efficacité du modèle DEPOMOD aux fins de prévision de l'ampleur et de l'étendue des répercussions de l'enrichissement organique du fond marin liées aux sites aquacoles de poissons marins de la région des Maritimes. L'exactitude du modèle a été évaluée selon des comparaisons des taux de dépôt de carbone prévus dans cinq sites aquacoles de poissons marins actifs du sud-ouest du Nouveau-Brunswick en mesurant les concentrations totales de sulfures « libres » relevées à ces sites. Ces sites ont été choisis parce que les données nécessaires pour procéder à la modélisation DEPOMOD étaient disponibles et parce que les données sur les répercussions liées au fond marin (p. ex. concentrations totales de sulfures « libres ») étaient disponibles grâce à l'échantillonnage intensif des sédiments réalisé à ces sites. Les niveaux de sulfures permettent d'indiquer les répercussions sur les

communautés benthiques de la surveillance de l'aquaculture dans la région des Maritimes. Une méthode de modélisation simple a également été adoptée, et ses résultats ont été comparés à ceux du modèle DEPOMOD.

# ANALYSE

## Méthodes liées au modèle DEPOMOD

Le modèle DEPOMOD nécessite des données sur la bathymétrie, la vélocité des courants, les dimensions et positions des cages et le taux d'alimentation par cage. Les données sur la bathymétrie ont été obtenues à partir de fiches techniques du Service hydrographique du Canada (SHC), et les vélocités des courants ont été obtenues grâce à deux ou trois mouillages de courantomètre dans le site à l'étude ou près de celui-ci (chaque mouillage a duré au moins 30 jours). Lorsque suffisamment de données étaient disponibles, des données sur la vitesse et la direction du courant ont été extraites pour trois zones de profondeur (proche de la surface, à mi-profondeur et proche du fond). Les données concernant les dimensions des cages, les positions des cages et le taux d'alimentation par cage ont été obtenues auprès d'exploitants des sites. Les données requises en matière de caractéristiques des boulettes fécales et de l'alimentation (taux de gaspillage d'aliments, teneur en eau, digestibilité, teneur en carbone, vitesse de sédimentation et teneur en carbone des fèces) étaient les mêmes que celles recommandées aux fins d'utilisation du modèle DEPOMOD en Colombie-Britannique (Stucchi et Chamberlain, manuscrit non publié). Le modèle DEPOMOD comprend un module de remise en suspension qui suppose un seuil fixe de remise en suspension à une vitesse de courant proche du fond marin (à environ 3,5 m du fond dans le cadre de la présente application) d'environ 9,5 cm $s^{-1}$ (Cromey et al. 2002). La modélisation DEPOMOD a été effectuée lorsque le module de remise en suspension était activé et désactivé.

## Résultats découlant du modèle DEPOMOD

Des exemples de tracés de contours liés aux taux de dépôt de carbone prévus sont illustrés à la figure 2 pour deux sites à l'étude (sites A et C). Cette figure présente les résultats ayant découlé du modèle lorsque le module de remise en suspension était activé et désactivé. Il semblerait que lorsque les processus de remise en suspension étaient simulés (c.-à-d. activés), le modèle prévoyait que seule une toute petite quantité du matériel libéré resterait dans la zone modélisée (domaine). Aux trois autres sites, les vélocités de courant mesurées n'ont pas dépassé le seuil de remise en suspension aussi souvent et, par conséquent, elles n'étaient pas aussi sensibles à l'application du présent module. Ainsi, une grande quantité du matériel libéré est restée dans le domaine. La zone de dépôt était uniquement sensible aux différents relevés du courantomètre lorsque la remise en suspension était activée.

La variation relative aux taux d'alimentation entre des cages individuelles au sein d'un site a influencé la répartition et les zones liées aux incidences prévues du site. Un site comprenant des taux d'alimentation par cage semblables (site C; septembre 2006) a indiqué des incidences assez uniformes à l'échelle du site, alors qu'une variation spatiale relative aux incidences prévues a résulté des prévisions formulées à un site comprenant une variation considérable en matière de taux d'alimentation par cage (site A). Le taux de dépôt de carbone maximal augmente avec celui du gaspillage d'aliments, et le taux d'augmentation varie selon les sites (figure 3). Les prévisions susmentionnées ont été formulées lorsque le module de remise en suspension était désactivé.

À un site, la sensibilité du modèle DEPOMOD aux changements relatifs à la profondeur de l'eau (dans l'aire de répartition habituelle propre à l'élévation des marées) a été examinée; l'examen a permis de découvrir que ladite sensibilité n'avait que peu d'effets sur les prévisions.

## Concentrations de sulfures dans les sédiments

On a procédé à un échantillonnage intensif des sédiments dans chacun des cinq sites. À trois de ces sites, cet échantillonnage comprenait des régions situées à l'intérieur et à l'extérieur de l'ensemble des cages (présenté dans Chang et al. 2011). Dans le cadre des programmes de surveillance environnementale du Nouveau-Brunswick, on a procédé à un échantillonnage exhaustif du sulfure dans deux autres sites (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick (MENVNB) 2006). Des exemples de tracés de contours liés aux concentrations totales de sulfures « libres » dans les sédiments aux sites A et C sont illustrés à la figure 4. Les concentrations de sulfures ont affiché une répartition spatialement inégale dans l'ensemble des sites. Les plus importantes concentrations de sulfures observées étaient situées près de certaines des cages les plus alimentées, mais pas toutes. À un site où l'ensemble des 15 cages était alimenté de façon relativement égale (site C), des concentrations élevées de sulfures n'ont été observées que sous une seule cage (figure 4).

## Comparaison des prévisions du modèle DEPOMOD et des concentrations de sulfures dans les sédiments

*Zone touchée :* Des exemples de cartes illustrant les prévisions du modèle liées aux étendues du taux de dépôt de carbone (flux) et les données inhérentes au sulfure dans les sédiments aux sites A et C sont présentés à la figure 5. De sorte à permettre une comparaison uniforme des zones touchées prévues et mesurées, un seuil d'incidence équivalant au mieux à la cote Hypoxique B a été employé. Cette catégorie a été définie comme étant équivalente à des concentrations de sulfures dans les sédiments de ≥3 000 µM (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick (NENVNB) 2006; ministère des Pêches et de l'Aquaculture de la Nouvelle-Écosse (Pêches et Aquaculture) 2011). Le taux de dépôt de carbone correspondant, selon le nomogramme de Hargrave et al. (2008) est d'environ 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$. Cette valeur découle principalement d'une analyse de données recueillies en Colombie-Britannique. Dans les cinq sites du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, les prévisions du modèle DEPOMOD en matière d'étendue totale de la zone touchée par le dépôt de déchets sous forme de particules n'ont présenté aucun lien solide avec les zones touchées qui ont été mesurées (figure 6).

*Intensité de l'incidence :* Les comparaisons du taux maximal de dépôt de carbone organique à chaque site prévu par le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) n'ont démontré aucun lien solide avec les concentrations maximales mesurées de sulfures (figure 7). Bien qu'il existe une dispersion considérable inhérente à cette relation, les concentrations de sulfures mesurées dans les sédiments augmentent généralement à mesure qu'augmente le taux de dépôt de carbone prévu par le modèle DEPOMOD (figure 8). Cette relation a été fortement influencée par certaines données recueillies dans un site par suite d'une incertitude liée au taux d'alimentation approprié à utiliser à ce site. Les renseignements supplémentaires obtenus à propos des taux d'alimentation actuels à ce site ont nécessité l'exclusion des résultats du modèle propres à ce site de nos comparaisons et, par conséquent, ces résultats ne sont pas compris dans la figure 8.

*Emplacement des répercussions :* Le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) avait prévu que les zones affichant des taux de dépôt élevés se trouveraient sous l'ensemble des cages, notamment sous les cages étant les plus alimentées. En

septembre 2005, les concentrations de sulfures dans le site A se trouvaient principalement sous l'ensemble des cages; bien qu'elles aient parfois été observées sous certaines des cages les plus alimentées, ce n'était pas toujours le cas. En mai 2006, l'écart relatif à cette prévision était plus prononcé dans le site A; certaines concentrations élevées de sulfures s'étendaient même jusqu'aux extrémités de la zone d'échantillonnage. Dans deux sites, des concentrations élevées de sulfures ont été observées sous certaines cages, mais pas toutes. À deux autres sites, des concentrations élevées de sulfure ont été observées sous la plus grande partie de l'ensemble des cages; cela dit, puisqu'aucun échantillon n'a été prélevé hors de l'ensemble des cages, on ne sait pas si les concentrations élevées de sulfures s'étendaient au-delà de la zone comprenant les cages. Ainsi, les comparaisons des concentrations mesurées de sulfures ont révélé une corrélation positive avec les taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) aux mêmes endroits, mais avec des variations plus importantes; qui plus est, la variation des concentrations de sulfures observées affichait une augmentation selon le niveau de dépôt de carbone prévu.

Pour les sites aquacoles où l'alimentation avait été relativement constante au cours des derniers mois, les concentrations de sulfures observées étaient dans les mêmes catégories (< 3 000 µM) à 85 % des lieux d'échantillonnage où le modèle DEPOMOD avait prévu un faible degré de répercussions (< 5 g C $m^{-1}$ $d^{-1}$; ce qui équivaut au passage de l'état oxique A à hypoxique A). Aux lieux d'échantillonnage où le modèle DEPOMOD avait prévu un degré élevé de répercussions (> 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$; ce qui équivaut au passage de l'état hypoxique B à l'état anoxique), les concentrations observées de sulfures étaient uniquement dans les mêmes catégories (> 3 000 µM) à 63 % des lieux d'échantillonnage. L'exactitude du modèle quant à la prévision de l'ampleur des répercussions a varié selon les sites. Lorsque le modèle DEPOMOD prévoyait un faible degré de répercussions (moins de 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$), la valeur mesurée de sulfures à ce lieu d'échantillonnage (> 85 % des points de données, à l'exclusion du site mentionné dans le paragraphe précédent) reflétait généralement un faible degré de répercussions (< 3 000 µM S) (figure 9). Lorsque le modèle DEPOMOD prévoyait des taux de dépôt de plus de 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$, environ 63 % des valeurs de sulfure correspondantes (à l'exclusion du site susmentionné) indiquaient un degré élevé de répercussions (classification hypoxique B, au mieux; > 3 000 µM de sulfure) (figure 9). Ce pourcentage diffère selon les sites individuels. À l'un des quatre sites, les taux de dépôt prévus de plus de 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$ correspondaient à seulement 1 % des concentrations mesurées de sulfures dans les sédiments qui indiquaient des conditions touchées.

## Méthodes et résultats liés au modèle simple

Un modèle simple de prévision du dépôt de déchets a été mis à l'essai dans les cinq sites. Ce modèle nécessitait beaucoup moins de données d'entrée comparativement au modèle DEPOMOD (profondeur moyenne de l'eau, vitesses médianes du courant (et non la direction) et une valeur représentant la vitesse de sédimentation des particules de déchets). En ce qui concerne la vitesse de sédimentation des particules de déchets, la valeur recommandée dans le modèle DEPOMOD en matière d'aliments granulés (Stucchi et Chamberlain, manuscrit non publié) a été fixée lorsque Chamberlain et Stucchi (2007) ont découvert, dans le cadre d'une étude menée en Colombie-Britannique, que les déchets alimentaires représentaient la principale source de dépôts organiques. À l'aide de la vitesse médiane du courant, on a calculé la distance horizontale sur laquelle les particules de déchets alimentaires se déplaceraient jusqu'à ce qu'elles atteignent le fond marin. Des zones circulaires ont ensuite été tracées autour de chaque cage à l'aide de cette distance à partir de l'extrémité de la cage. Pour chaque cage, les zones ont été combinées en vue de formuler une estimation de l'étendue totale des répercussions élevées sur l'exploitation. Le modèle simple n'offrait aucune estimation de l'intensité des répercussions, mais il insistait sur la prévision de l'étendue spatiale de ces

dernières selon les vitesses médianes du courant et les profondeurs moyennes de l'eau aux sites. Des exemples de prévisions liées aux sites A et C sont présentés à la figure 10.

Les comparaisons entre les sites de l'étendue spatiale des répercussions élevées sur le fond marin prévues par le modèle DEPOMOD (avec remise en suspension désactivée) et le modèle simple ont affiché une harmonie relativement bonne (figures 5 et 11).

## Sources d'incertitude

Dans le cadre de la prise de décisions concernant la façon d'utiliser la modélisation DEPOMOD (saisies de données), les principales sources d'incertitude résident dans le choix de taux d'alimentation appropriés et dans les caractéristiques des particules de déchets. Le modèle DEPOMOD ne permet aucune saisie de seuils de remise en suspension de déchets pour le courant d'un site précis, et l'utilisation du module de remise en suspension a toujours été considérablement préoccupante, peu importe l'endroit où celui-ci a été utilisé. Il existe également une certaine incertitude quant au temps de consolidation du carbone déposé (c.-à-d. qui n'est plus accessible aux fins de remise en suspension). Voilà qui touchera à la fois le potentiel de remise en suspension et le degré de répercussions. Bien que cette étude soit considérée comme exhaustive sur les plans du degré d'échantillonnage et des efforts de calcul, les échantillons de petite taille (cinq sites) rendent difficile la formulation de conclusions concernant l'exactitude du modèle DEPOMOD en matière de prévisions du dépôt de carbone à d'autres emplacements. En outre, les sites étudiés ne représentaient pas tout à fait les conditions environnementales des sites aquacoles de poissons de la région des Maritimes dans leur ensemble, notamment aux endroits plus exposés (p. ex. vent et vagues). D'autres applications du modèle sont nécessaires en vue de procéder à une meilleure mise à l'essai des prévisions du modèle sous ces conditions.

Lors de comparaisons entre les prévisions du modèle DEPOMOD et les répercussions observées quant aux sédiments, on a soulevé un problème relevant du fait que le modèle DEPOMOD prévoit les taux de dépôt de carbone organique, alors que les répercussions observées sont mesurées à titre de concentrations de sulfures dans les sédiments. Divers processus sont liés à la conversion du taux de dépôt de carbone en une concentration de sulfures dans les sédiments, et le modèle DEPOMOD ne comprend aucun de ces processus. L'exploration des relations dose-réponse liées aux déchets produits par l'aquaculture ainsi que l'exploration de la possibilité d'utilisation de différents modèles aux fins d'évaluation des risques environnementaux à certains sites aquacoles de poissons proposés représentent des efforts de recherche supplémentaires déployés au sein du MPO. L'exploration de ladite possibilité d'utilisation comprend des efforts visant à :

- améliorer la modélisation des processus de remise en suspension liés aux déchets;
- augmenter la flexibilité du paramétrage du modèle au-delà des capacités du modèle DEPOMOD;
- accroître l'étendue de la zone modélisée pour y inclure divers sites;
- combiner le transport des déchets et les modèles hydrodynamiques.

## CONCLUSIONS

Les prévisions relatives à l'étendue spatiale des répercussions élevées qui ont été formulées à l'aide du modèle DEPOMOD et d'un modèle simple ont affiché une harmonie relativement bonne. Cela dit, les prévisions du modèle ne correspondaient pas toujours aux mesures de l'étendue spatiale des sédiments touchés selon les concentrations de sulfures. Qui plus est, les prévisions du modèle DEPOMOD quant à l'intensité des répercussions ne correspondaient pas

toujours aux mesures réelles de l'intensité des concentrations de sulfures dans les sédiments du fond marin. Les prévisions du modèle en matière de dépôt de déchets ont toutefois souvent correspondu aux répercussions observées, notamment lorsque l'incidence était relativement petite et qu'en dépit d'un degré élevé de dispersion, des liens mentionnés précédemment entre les taux de dépôt de déchets et les concentrations de sulfures ont été observés.

## AUTRES POINTS À PRENDRE EN COMPTE

Le modèle DEPOMOD est un produit commercial. Les détails concernant le code de logiciel ne sont pas accessibles et ils ne peuvent être changés par les utilisateurs. Ainsi, pour combler certaines lacunes du modèle et améliorer son exactitude, il faut envisager l'élaboration d'un autre modèle. Divers problèmes ont été signalés, ce qui pourrait toucher l'exactitude des prévisions du modèle DEPOMOD : le modèle fait usage d'un niveau de mer temporellement constant, le seuil lié à la vitesse du courant ne peut être modifié aux fins de remise en suspension et les modélisations DEPOMOD font usage de données concernant la vélocité du courant d'un seul emplacement comprenant un courantomètre. L'élaboration d'un modèle incorporant une variation spatiale relative à la circulation de l'eau, une variation temporelle relative au niveau de la mer, une taille relative au grain des sédiments, un module de remise en suspension amélioré et un modèle convertissant le taux de dépôt du carbone en une concentration de sulfures dans les sédiments est nécessaire en vue d'améliorer considérablement les prévisions liées aux incidences benthiques.

## SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle des réunions tenues les 15 et 16 février 2012 pour examiner les Concentrations de sulfure autour de certains sites aquacoles dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick : Examen des prédictions du modèle DEPOMOD par rapport aux observations. Toute autre publication découlant de ces réunions sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences du MPO à l'adresse suivante : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm.

Chamberlain, J., and Stucchi, D. 2007. Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. Aquaculture 272: 296-311.

Chamberlain, J., Stucchi, D., Lu, L., and Levings, C. 2005. The suitability of DEPOMOD for use in the management of finfish aquaculture sites, with particular reference to Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/035.

Chang, B.D., Page, F.H., Losier, R.J., McCurdy, E.P., and MacKeigan, K.G. 2011. Characterization of the spatial pattern of benthic sulfide concentrations at six salmon farms in southwestern New Brunswick, Bay of Fundy. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2915: iv + 24 p. Accès : http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/342675.pdf (consulté en janvier 2012).

Cromey, C.J., Nickell, T.D., and Black, K.D. 2002. DEPOMOD – modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. Aquaculture 214: 211-239.

Hargrave, B.T. 2010. Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquacult. Environ. Interact. 1: 33-46.

Hargrave, B.T., Holmer, M., and Newcombe, C.P. 2008. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Mar. Pollut. Bull. 56: 810-824.

MENVNB (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick). 2006. Le Programme de gestion environnementale pour l'industrie aquacole des poissons de mer en cage au Nouveau-Brunswick. Version 2.0. MENVNB, Fredericton, Nouveau-Brunswick. 21 p. Accès : http://www.gnb.ca/0009/0369/0017/pdfs/0010-f.pdf (consulté en janvier 2012).

MPO. 2009. Courants, trajectoires des bouées dérivantes et potentiel de pénétration dans la ZMP de Musquash des particules organiques rejetées dans l'anse Little Musquash. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2009/001.

MPO. 2011. Information sur le homard aux alentours de deux sites piscicoles proposés dans la baie St. Mary's, en Nouvelle Écosse : débarquements, cycle biologique et utilisation de l'habitat. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2011/002.

NSDFA (Nova Scotia Department of Fisheries and Aquaculture). 2011. Environmental Monitoring Program Framework for Marine Aquaculture in Nova Scotia. NSDFA, Halifax, NS. 19 p. Accès : http://www.gov.ns.ca/fish/aquaculture/ns-emp-framework-march2011.pdf (consulté en janvier 2012).

Page, F.H., Chang, B., Losier, R., and McCurdy, P. 2009. Water currents, drifter trajectories, and the estimated potential for organic particles released from a proposed salmon farm operation in Little Musquash Cove, southern New Brunswick to enter the Musquash Marine Protected Area. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/003.

# ANNEXES

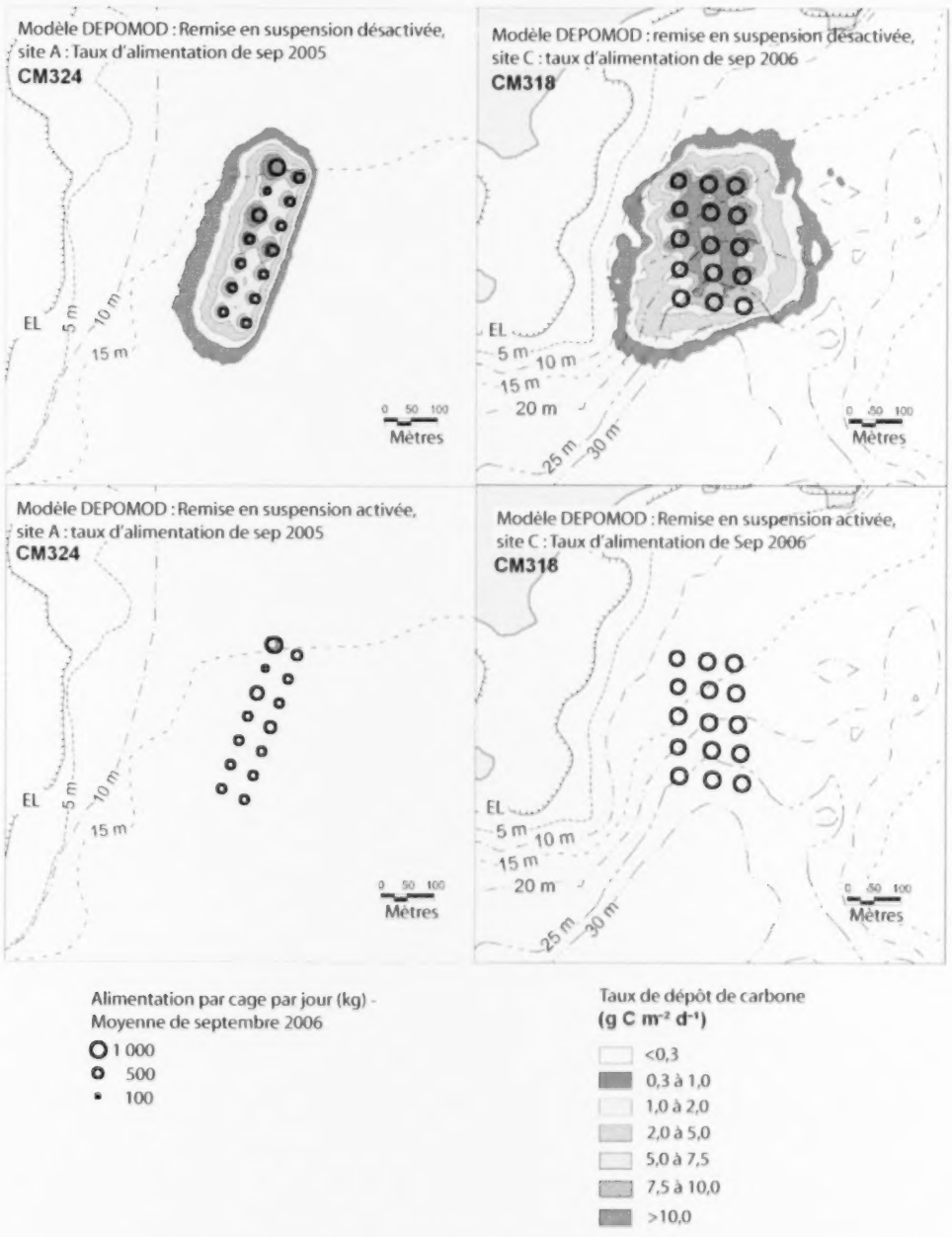


*Figure 2. Tracés de contours des taux de dépôt de carbone prévus par le modèle DEPOMOD aux sites A et C, avec remise en suspension désactivée (partie supérieure) et activée (partie inférieure). Les cercles noirs représentent des cages, alors que la taille des cercles représente le taux d'alimentation.*

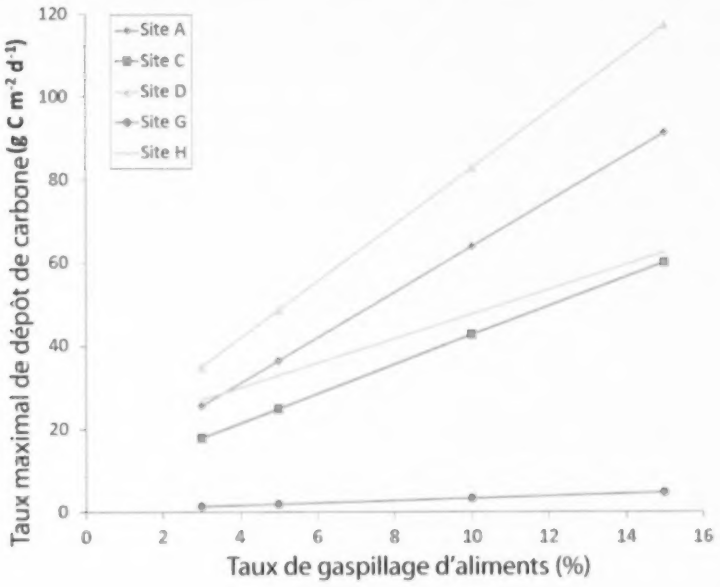


*Figure 3. Tracés du taux de gaspillage d'aliments par rapport au taux maximal de dépôt de carbone prévu dans cinq sites à l'étude.*

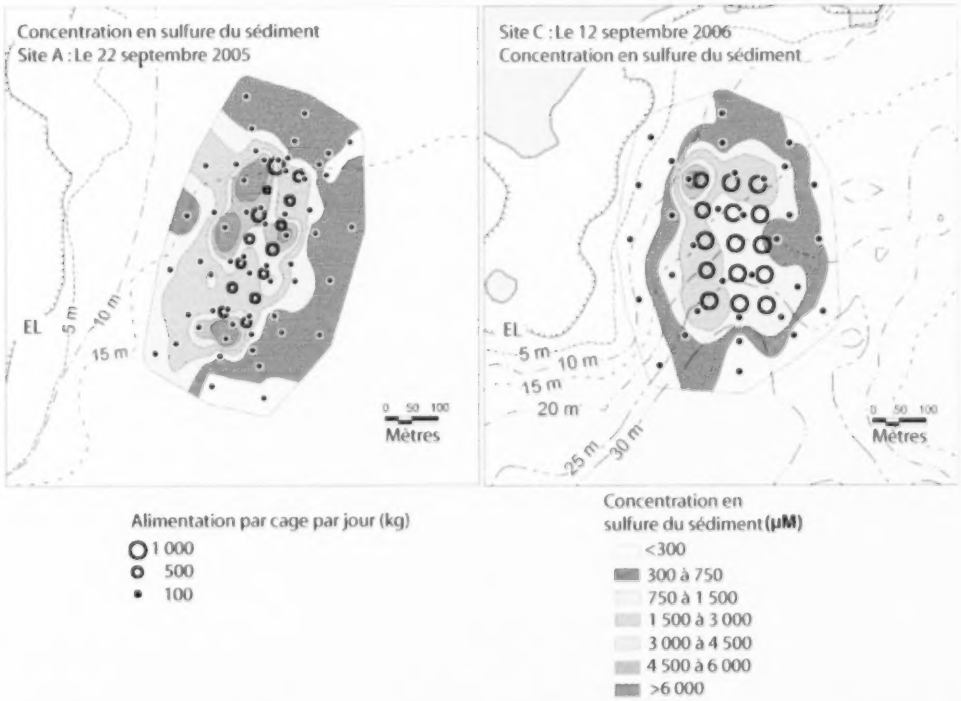


*Figure 4. Tracés de contours liés aux concentrations de sulfures dans les sédiments du fond marin sous deux sites de salmoniculture (A et C). Les cercles noirs représentent des cages, alors que la taille des cercles représente le taux d'alimentation.*

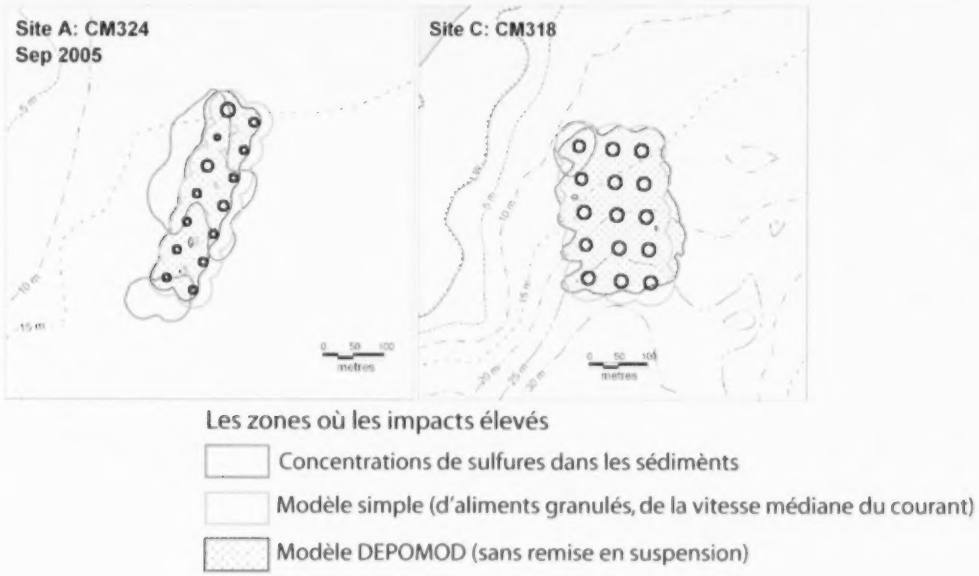


*Figure 5. Comparaisons des zones estimées comme ayant des incidences benthiques élevées aux sites A et C. Les cercles noirs représentent des cages, alors que la taille des cercles représente le taux d'alimentation.*

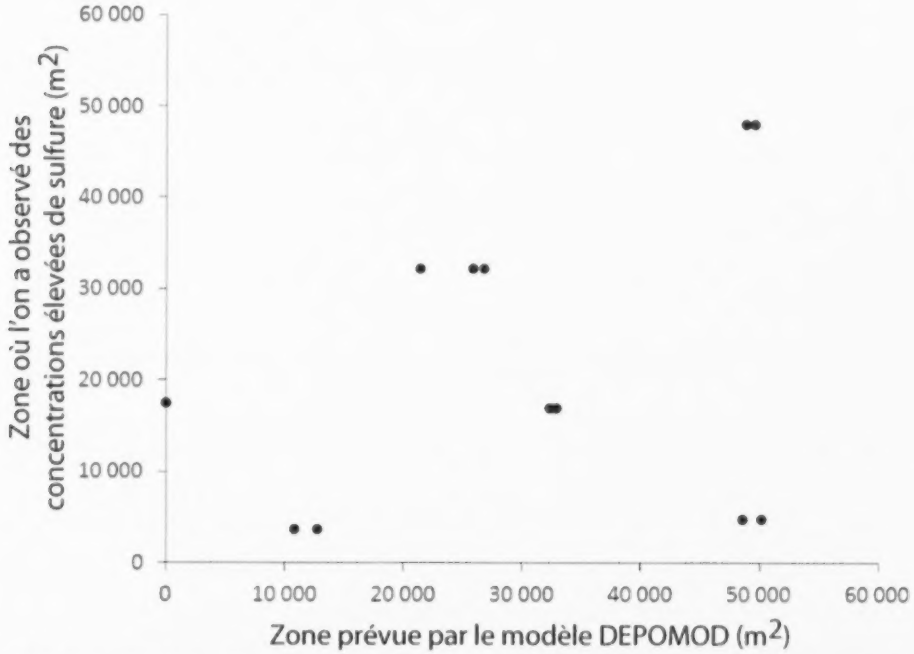


*Figure 6. Relation à l'échelle des sites étudiés entre les prévisions du modèle DEPOMOD relatives aux zones à incidence élevée (> 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$; remise en suspension désactivée, prévisions formulées à l'aide des taux d'alimentation au moment de l'échantillonnage des sédiments) et aux zones affichant des concentrations élevées de sulfures dans les sédiments (≥ 3 000 µM).*

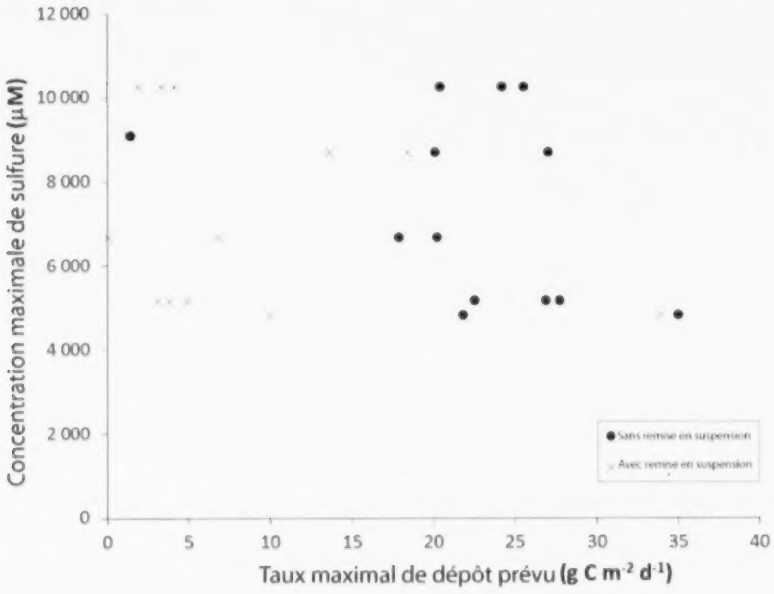


*Figure 7. Relation à l'échelle des sites étudiés entre le taux maximal de dépôt de carbone prévu par le modèle DEPOMOD et les concentrations maximales de sulfures dans les échantillons de sédiments prélevés dans le fond marin. Les données relatives aux cinq sites aquacoles sont présentées, de même que certaines prévisions du modèle DEPOMOD liées à deux ou trois ensembles de données par site sur la vélocité du courant.*

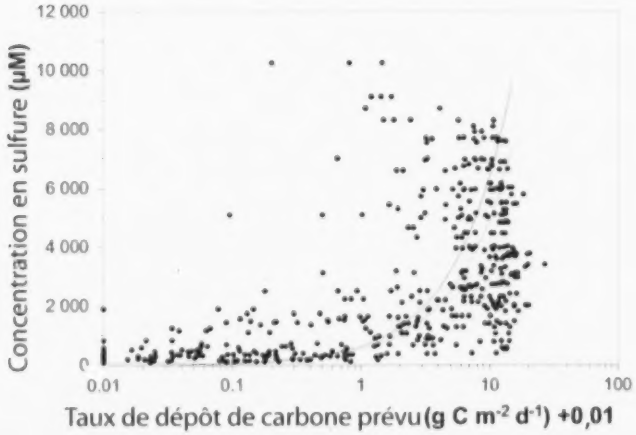


*Figure 8. Relation entre les concentrations de sulfures dans les sédiments et les prévisions du modèle DEPOMOD relatives aux taux de dépôt de carbone (remise en suspension désactivée, prévisions formulées à l'aide des taux d'alimentation au moment de l'échantillonnage de sédiments) aux mêmes endroits, à l'exclusion d'un site. Les lignes représentent des équations formulées par Hargrave (2010) pour déterminer la relation entre ces paramètres.*

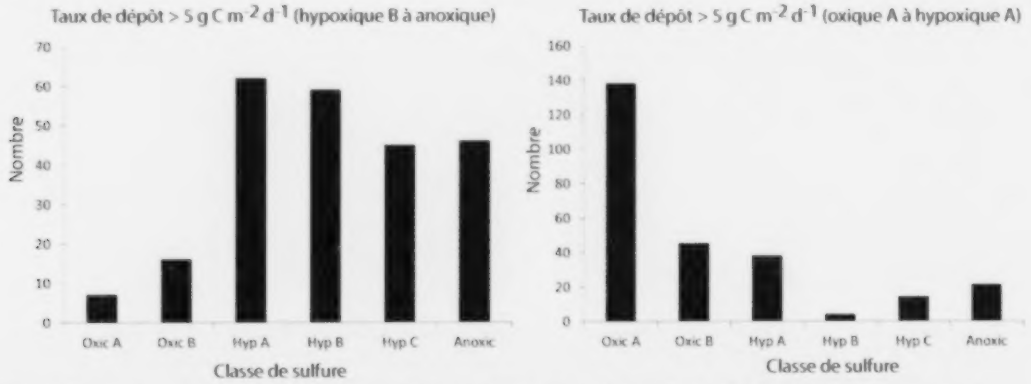


*Figure 9. À gauche : Concentrations de sulfures liées aux prévisions de DEPOMOD d'une valeur supérieure à 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$. À droite : Concentrations de sulfures liées aux prévisions de DEPOMOD d'une valeur inférieure à 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$. Hyp = hypoxique.*

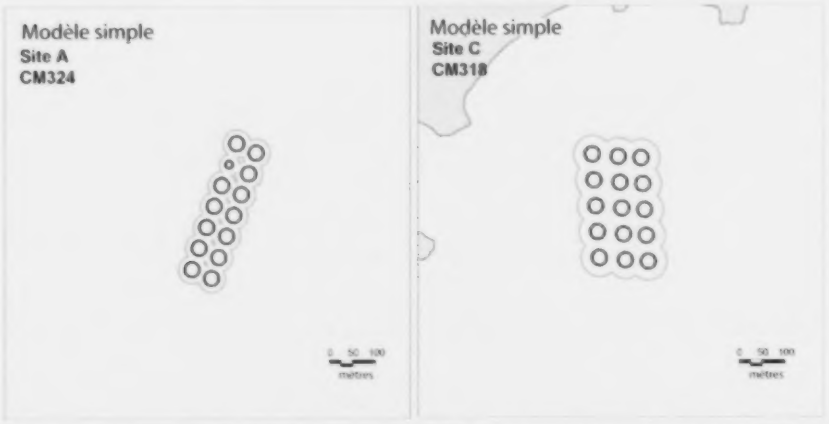


*Figure 10. Prévisions du modèle simple en matière de zones à incidences élevées aux sites A et C. Les cercles noirs représentent des endroits comprenant des cages et les tailles de celles-ci. Les lignes vertes représentent le déplacement horizontal qu'effectuent les aliments granulés libérés à la surface de l'eau aux extrémités de la cage jusqu'à ce qu'ils atteignent le fond marin à des vitesses médianes du courant.*

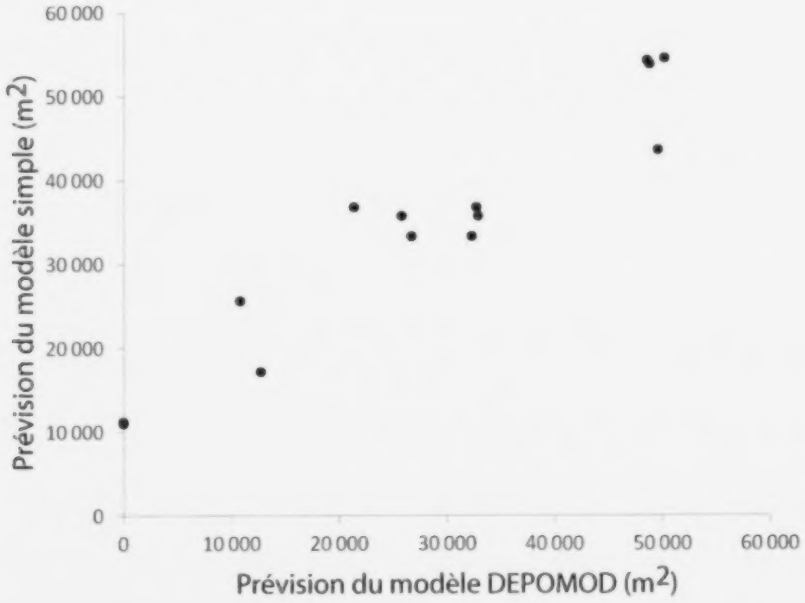


*Figure 11. Relation à l'échelle des sites étudiés entre les prévisions du modèle DEPOMOD relatives aux zones à incidence élevée (> 5 g C $m^{-2}$ $d^{-1}$; remise en suspension désactivée, prévisions formulées à l'aide des taux d'alimentation au moment de l'échantillonnage des sédiments) et prévisions du modèle simple (formulées à l'aide des vitesses médianes du courant et des taux de sédimentation des déchets alimentaires granulés).*

## POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Communiquer avec : Blythe Chang ou Fred Page
Pêches et Océans Canada
Station biologique de St. Andrews
531, chemin Brandy Cove
St. Andrews (N.-B.)
E5B 2L9

Téléphone : Blythe Chang : (506) 529-5907/Fred Page : (506) 529-5935
Télécopieur : (506) 529-5868
Courriel : Blythe.Chang@dfo-mpo.gc.ca ou Fred.Page@dfo-mpo.gc.ca

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région des Maritimes
Pêches et Océans Canada
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Téléphone : 902-426-7070
Télécopieur : 902-426-5435
Courriel : XMARMRAP@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-5109 (Imprimé)
ISSN 1919-5117 (En ligne)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012

*An English version is available upon request at the above address.*

## LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

MPO. 2012. Examen des prévisions du modèle DEPOMOD par rapport aux observations en matière de concentrations de sulfures autour de cinq sites de salmoniculture dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/042.